

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D - 8 SEP 2004

WIPO

PCT

EP04/07845

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 32 936.6  
**Anmeldetag:** 19. Juli 2003  
**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE  
**Bezeichnung:** Steuerung einer elektrisch beheizten  
Vorwärmanrichtung für den Kaltstart  
von Verbrennungsmotoren  
**IPC:** F 02 N 17/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

SL

Stremme

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

DaimlerChrysler AG

Eschbach

15.07.2003

Steuerung einer elektrisch beheizten Vorwärmeinrichtung für  
den Kaltstart von Verbrennungsmotoren

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anwärmung der Ansaugluft, insbesondere für eine sich in der Start- oder Warmlaufphase befindliche Brennkraftmaschine, nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.
- 10 Die Anwärmung der Ansaugluft bei Brennkraftmaschinen, insbesondere bei sich in der Start- und Warmlaufphase befindlichen Dieselmotoren, ist aus mehreren Gründen erforderlich. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen und folglich niedrigen Ansauglufttemperaturen kommt es, insbesondere bei Dieselmotoren
- 15 zu einer unzureichenden Kompressionsendtemperatur und damit zu einem ansteigenden Zündverzug, d. h. die Zeit vom Eintreten des Kraftstoffes in den Brennraum bis zur Zündung desselben wird zu lang. Des Weiteren treten bei niedrigen Ansaugtemperaturen örtliche Überfettung, unvollständige Verbrennung
- 20 und hohe Druckgradienten infolge einer schlagartigen Gemischumsetzung im Zylinder auf. Die Folge sind eine stark erhöhte Kohlenwasserstoffemission im Abgas und das Nageln des Dieselmotors sowie die daraus resultierenden Nachteile, wie eine starke Umweltbelastung und eine erhöhte Belastung der Trieb-
- 25 werksteile.

Aus dem allgemeinen Stand der Technik gemäß der deutschen Patentanmeldung DE 100 26 339 A1 ist ein Heizflansch zum Vorwärmen von Luft in einer zu einer Dieselmotorkraftmaschine führenden Ansaugleitung bekannt. Ebenfalls bekannt ist daraus die Ansteuerung des Heizelementes in dem Heizflansch mit einem Steuergerät. Die Steuerung belässt hierbei den Strom in dem Heizelement auf einem konstanten Wert und die eingebrachte Heizleistung wird alleine durch die Anschaltzeit des Heizelementes bestimmt. Beim Starten des Dieselmotors wird der Heizflansch bzw. das Heizelement kurz ausgeschaltet, um aus dem Bordnetz genügend Energie für den Anlasser zur Verfügung zu stellen.

Ein gattungsgemäßes Verfahren, von dem die Erfindung ausgeht, ist aus der deutschen Patentanmeldung DE 198 54 077 A1 bekannt. Hiernach ist es bekannt, den Kaltstart eines Dieselmotors mit einer Luftvorwärmung zu unterstützen, wobei die Luftvorwärmung mit einer Vorglühzeit und einer Nachglühzeit erfolgt. Vorglühzeit und Nachglühzeit sind durch den Startvorgang, bei dem der Dieselmotor nach Betätigung des Anlassers bis zur Startdrehzahl hochläuft, unterbrochen. Während des Startvorgangs findet keine Energiezufuhr zu dem Heizflansch statt. Die Ansteuerung des Heizflansches erfolgt über die Motorelektronik. In der Motorelektronik wird die Vorglühzeit und die Nachglühzeit des Heizelementes vor dem Startbeginn aus den Umgebungsdaten berechnet. Herangezogen werden hierbei die Lufttemperatur und die Kühlmitteltemperatur vor dem Kaltstart. Vorglühzeit und Nachglühzeit sind hierbei rein zeitgesteuert, d. h. es findet keine Stromsteuerung oder Stromregelung für den Betrieb des Heizelementes im Ansaugstutzen des Dieselmotors statt.

Moderne direkteinspritzende Dieselmotoren verfügen heute überwiegend über eine elektronisch geregelte Einspritzanlage.

Der Kaltstart lässt sich mit den elektronisch geregelten Dieselmotoren bis  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  Umgebungstemperatur problemlos erreichen. Eine Zusatzmaßnahme, wie z. B. einer Starthilfseinrichtung mittels Erwärmung der Ansaugluft ist bis zu diesen Temperaturen nicht notwendig. Es gibt aber zahlreiche Anwendungsfälle, wo auch der moderne Dieselmotor eine Kaltstarteinrichtung benötigt, z. B.:

- bei Temperaturen unter  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
  - 10 ■ bei Temperaturen unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  mit Kraftstoffen niedriger Cetanzahl,
  - bei Einsatz in Höhen über 1500 m über Meeresspiegel unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
  - 15 ■ bei Einsatz mit Grundlast (Hydraulikaggregate, festgekuppelte Antriebe) unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
  - bei Sonderfahrzeugen, z. B. Mobilkräne, Kompressoren, Pistenpflegegeräte, Baumaschinen in einem Temperaturbereich unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 20 Als besonders extreme Anforderung an die Kaltstarttauglichkeit von Dieselmotoren, hat sich deren Kombination mit einem hydraulischen Antrieb in Pistenpflegegeräten erwiesen. Da die Hersteller dieser Geräte zunehmend hochaufladende direkteinspritzende Dieselmotoren mit kleinem Hubraum verwenden, die
- 25 ihre volle Leistungsentfaltung erst bei vollem Ladedruck erreichen, ergeben sich beim Kaltstart in höheren Regionen Probleme, da zunächst kein Ladedruck vorhanden ist. Wird eine solche Arbeitsmaschine in einer Höhe von z. B. 3000 m über Meeresspiegel bei  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  gestartet, dann reichen heute be-
- 30 kannte Vorwärmeeinrichtungen nicht aus, es sei denn, der Motor wird durch eine aufwendige Standheizung über die Kühlmitteltemperatur auf Betriebstemperatur gebracht. Aus Kostengründen wird eine komplette Vorwärmung, die auch die An-

triebseinheit einschließt, nur für den arktischen Einsatz angewendet.

Ausgehend von dem vorgenannten Stand der Technik stellt sich die erfindungsgemäße Aufgabe, die Wirkung bestehender Kaltstarteinrichtungen durch eine verbesserte Ansteuerung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 1. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen sowie in der Figurenbeschreibung enthalten.

Die Lösung gelingt hauptsächlich mit einer variablen Leistungsanpassung des Heizflansches an die herrschenden Umgebungsbedingungen. Hierbei wird die Vorglühphase in drei Phasen unterteilt, nämlich in eine Phase der Vollbestromung, eine Nachheizphase und eine Startbereitschaftsphase. In der Nachheizphase werden die Heizelemente des Heizflansches derart betrieben werden, dass der Heizflansch auf einer Solltemperatur gehalten wird. In der Nachheizphase wird ein Wärmepolster für den Startvorgang geschaffen. Nach den beiden ersten Vorglühphasen erlischt die Glühkontrollleuchte und signalisiert durch ihr Erlöschen die Startbereitschaft. Es schließt sich die Startbereitschaftsphase an. Um ein Auskühlen der Heizelemente während der Startbereitschaftsphase zu verhindern, werden die Heizelemente während der Startbereitschaftsphase mit weiter verminderter Leistung betrieben. Erfolgt nach Ablauf einer vorgegebenen Startbereitschaftszeit kein Start, werden die Heizelemente abgeschaltet.

Während des Startvorgangs wird die Beheizung des Heizflansches kurz ausgesetzt, jedoch nur solange, bis die ersten Zündungen den Hochlauf des Motors auf die Leerlaufdrehzahl



unterstützen. Sobald die ersten Zündungen einsetzen, wird der Anlasser entlastet und die durch die Entlastung des Anlassers zur Verfügung stehende Bordnetzenergie wird wieder zur Beheizung der Heizelemente des Heizflansches eingesetzt. Durch die vorgezogene Nachheizphase wird verhindert, dass sich die Temperatur der angesaugten Luft bei einem längeren Drehen des Motors abkühlen kann.

10 Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

Die leistungsgesteuerte Vorglühzeit beträgt nur noch ein Drittel der Zeit gegenüber der Vorglühzeit der konventionellen Kaltstartverfahren.

15

Das Nachglühen wird gemäß der Erfindung in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur und der Ladelufttemperatur, der Motordrehzahl und der Luftmasse leistungsgesteuert vorgenommen. Hierdurch kann bei erhöhter Motordrehzahl und erhöhtem Luftdurchsatz in der Nachglühphase die elektrische Heizleistung an dem Luftdurchsatz angepasst werden, so dass die Ladelufttemperatur nicht absinkt und sich der Rundlauf auch bei kaltem Motor nicht verschlechtert. Der Dieselmotor wird durch das Nachführen der Heizleistung während der Nachglühzeit früher belastbar.

25

Die Unterbrechung der Heizleistung während des Startvorgangs konnte erheblich verkürzt werden. Die Unterbrechung der Heizleistung während des Startvorgangs wird nun variabel einstellbar, indem die Unterbrechung von der aktuellen Motordrehzahl abhängig gemacht wird. Hierdurch ist es möglich, die Nachglühzeit weiter in die Startphase auszudehnen, indem die Beheizung bereits dann wieder einsetzt, wenn sich die ersten Zündungen durch eine Erhöhung der Motordrehzahl bemerkbar ma-

30

chen. In welchem Maße nachgeheizt wird, ist hierbei von der Bordnetzspannung abhängig. Diese vorgezogene Nachglühzeit bewirkt eine bessere Hochlaufunterstützung des Dieselmotors auf seine Leerlaufdrehzahl und verhindert bei längerer Durchdrehzeit mit dem Starter ein Absinken der Ladelufttemperatur.

Zur Ansteuerung des Heizflansches wird vorzugsweise das Motorsteuergerät eingesetzt. Über die Motorelektronik sind ständig Informationen zu Motorzustand (Motor steht, Motor läuft, Starter ein, Starter aus), die Motordrehzahl, die Kühlmitteltemperatur, die Ladelufttemperatur, den Ladeluftdruck, die gerechnete Luftmasse und die Bordnetzspannung abrufbar. Über in der Motorelektronik implementierte Korrekturverfahren kann daher bei dem erfindungsgemäßen Kaltstartverfahren auch der steigende oder der fallende Ladedruck, der in unterschiedlichen Meereshöhen unterschiedlich ausfällt, berücksichtigt werden. Auch kann die elektrische Leistung in großen Höhen korrigiert werden, damit der Motor die optimale Ausnutzung des dort vorhandenen geringen Sauerstoffanteils verwerten kann. Nachdem während der Vorglühzeit die Heizbänder zunächst mit voller Leistung bestromt wurden, werden nach Erreichen einer Solltemperatur die Heizbänder des Heizflansches mit verminderter Heizleistung auf konstanter Betriebstemperatur gehalten. Das schont die Batterie und schützt die Heizbänder vor Überlastung.

Das erfindungsgemäße Kaltstartverfahren ist geeignet für Motoren mit einem Hubvolumen von bis zu 16 Litern pro Heizflansch. Bei entsprechender Applikation von Steuerungsalgorithmen in der Motorelektronik ist das erfindungsgemäße Kaltstartverfahren auch für Motoren, die mit Sonderkraftstoffen betrieben werden, einsetzbar. Dies sind z. B. Motoren, die mit Kerosin, Bio-Diesel usw. betrieben werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher erläutert.

Die Figur 1 zeigt einen Prinzipverlauf der Bordnetzspannung, der elektrischen Leistungsregulierung, der Ladelufttemperatur und der Motordrehzahl und der Ansteuerung der Kontrollleuchte, wie er bei dem erfindungsgemäßen Kaltstartverfahren auftritt.

- 10 Während der Vorglühphase 1, 2, 3 zwischen Einschalten der Zündung und Betätigen des Anlassers wird die Bestromung der Heizelemente im Heizflansch variabel geregelt. Zunächst wird während eines ersten Zeitabschnittes 1 das Heizelement voll bestromt, bis der Heizflansch eine Solltemperatur erreicht
- 15 hat. Nach Erreichen der Solltemperatur setzen eine Nachheizphase 2 und Startbereitschaftsphase 3 ein, in denen die Heizleistung derart geregelt wird, dass der Heizflansch auf konstanter Temperatur gehalten wird. Der Verlauf der Bordnetzspannung zeigt während der Vollbestromung 1 einen starken Ab-
- 20 fall, erholt sich jedoch während der Nachheizphase 2 und der Startbereitschaftsphase 3 deutlich. Während der Vorglühphase wird noch keine Ladeluft angesaugt, und auch der Motor dreht noch nicht durch. Die Startphase beginnt mit Betätigung des Anlassers der Verbrennungsmaschine. In einem ersten Zeitab-
- 25 schnitt 4a der Startphase wird die Drehzahl des Verbrennungsmotors ausschließlich von der Drehzahl des Anlassers bestimmt. Während dieser ersten Phase des Startvorgangs verharrt daher die Motordrehzahl auf dem konstanten Niveau der vom Anlasser bewirkten Drehzahl. Während dieses Betriebszustandes wird die Heizleistung unterbrochen, damit im Anlasser
- 30 möglichst viel Energie aus der Bordnetzspannung zur Verfügung steht. Die angesaugte Ladeluft wird von dem temperierten Heizflansch erwärmt. Mit der Nachheizphase 2 wurde im Ansaugstutzen des Verbrennungsmotors ein Wärmepolster geschaffen,



so dass trotz ausgeschalteter Heizleistung die angesaugte Ladeluft über einen dem erzeugten Wärmereservoir entsprechenden Zeitabschnitt erwärmt werden kann. Sobald die ersten Zündungen der Verbrennungsmaschine einsetzen, unterstützen diese erste Zündungen das Hochlaufen des Motors. In diesem zweiten Zeitabschnitt 4b der Startphase wird der Anlasser mit zunehmender Effektivität der einsetzenden Zündungen immer mehr entlastet. Die nun geringere Stromentnahme des Anlassers bewirkt einen Anstieg der Bordnetzspannung. Diese nun wieder dem Bordnetz zur Verfügung stehende Energie kann während des zweiten Zeitabschnittes 4b für die nun wieder einsetzende Beheizung des Heizflansches eingesetzt werden. Damit kann während des zweiten Zeitabschnittes 4b das Hochlaufen des Verbrennungsmotors nach erstem Einsetzen der Zündungen bis zu seiner Leerlaufdrehzahl unterstützt werden, indem durch die nun wieder einsetzende Beheizung des Heizflansches die angesaugte Ladeluft auch bei längerem Durchdrehen des Starters auf möglichst konstanter Temperatur gehalten werden kann.

Die Nachglühphase 5 setzt nach Erreichen der Leerlaufdrehzahl ein. In dieser Phase läuft der Verbrennungsmotor aus eigener Kraft und erwärmt sich zusehends. Mit zunehmender Erwärmung des Kühlmittels des Verbrennungsmotors kann in dieser Nachglühphase die Heizleistung des Heizflansches immer mehr zurückgenommen werden. Hierdurch steigt die Bordnetzspannung allmählich an. Soll dem Verbrennungsmotor in dieser Nachglühphase, noch bevor der Motor seine zu erreichende Betriebstemperatur erreicht hat, Leistung abverlangt werden, so kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren während einer Drehzahlerhöhung 6 des Verbrennungsmotors die angesaugte Ladeluft durch verstärktes Zuheizen auf konstanter Temperatur gehalten werden. Die Kaltlaufphase ist beendet, sobald der Verbrennungsmotor bzw. das Kühlmittel in dem Verbrennungsmotor eine be-

stimmungsgemäße Betriebstemperatur erreicht hat. Dann wird der Heizflansch ausgeschaltet.

Figur 2 zeigt eine Prinzipdarstellung eines typischen Verbrennungsmotors, wie er an sich bekannt ist. Auf einem derartigen Verbrennungsmotor kann das erfindungsgemäße Kaltstartverfahren eingesetzt werden. Ein Verbrennungsmotor, insbesondere ein Dieselmotor 8 mit exemplarisch drei Verbrennungszyclindern 9, saugt seine Luft über einen Ansaugstutzen 10 an. In dem Ansaugstutzen 10 ist ein Heizflansch 11 mit in den Ansaugstutzen hineinragenden Heizelementen 12 angeordnet. Die Leistungssteuerung und die Bestromung der Heizelemente wird von einem Steuergerät, insbesondere einem Motorsteuergerät, 13 übernommen. Zur Regulierung des Temperaturniveaus der angesaugten Ladeluft ist das Steuergerät 13 mit einem Temperatursensor 14, der die Lufttemperatur im Ansaugstutzen nach den Heizelementen, aber vor Eintritt in die Verbrennungszyclinder misst. Der Startvorgang wird von dem Steuergerät 13 durch Betätigen eines Anlassers 15 eingeleitet. Der Anlasser 15 greift hier zu in an sich bekannter Weise mit seinem Ritzel kraftschlüssig in ein Zahnrad ein. Das Zahnrad wiederum ist kraftschlüssig mit der Kurbelwelle 16 des Verbrennungsmotors verbunden und dreht bei Betätigung des Anlassers die Kurbelwelle. Auf einer derartigen Verbrennungsmaschine ist das erfindungsgemäße Kaltstartverfahren mit Vorteil anwendbar.

DaimlerChrysler AG

Eschbach

15.07.2003

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Anwärmung der Ansaugluft eines Verbrennungsmotors (8) während der Vorglühphase oder Startphase durch mindestens ein elektrisch beheizbares Heizelement (12) in der Ansaugleitung (10) des Verbrennungsmotors, wobei die Heizleistung von einem Steuergerät (13) der Motorelektronik in Abhängigkeit der Betriebsdaten des Verbrennungsmotors gesteuert wird,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
- dass während der Vorglühphase (1,2,3) das Heizelement (12) zunächst kurz voll bestromt wird (1), bis das Heizelement seine Solltemperatur erreicht hat und das nach  
15 Erreichen der Solltemperatur bis zur Startphase eine Nachheizphase (2,3) einsetzt, in der das Heizelement (12) mit geringerer Leistung auf konstanter Temperatur gehalten wird,  
20 - und dass während der Startphase in einem ersten Zeitabschnitt (4a), das Heizelement (12) ausgeschaltet wird, und dass in einem zweiten Zeitabschnitt (4b), in dem die Drehzahl des Verbrennungsmotors (8) auf die Startdrehzahl angehoben wird, das Heizelement (12) wieder eingeschaltet  
25 wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass sich an die Nachheizphase (2) eine Startbereitschaftsphase (3) anschließt, in der das Heizelement (12) mit weiter verringerter Leistung betrieben wird.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass in einer anschließenden Nachglühphase (5) nach Erreichen der Leerlaufdrehzahl und bis zum Erreichen einer applizierbaren Motortemperatur ein Nachglühen mit reduzierter Heizleistung durchgeführt wird.

10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

15

dass in der Nachglühphase (5) während einer Drehzahlerhöhung (6) des Verbrennungsmotors mit dem Heizelement (12) die Ladelufttemperatur konstant gehalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

20

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Nachglühzeit bei Startbeginn in Abhängigkeit der Kühlmitteltemperatur oder der Ladelufttemperatur festgelegt wird.

25

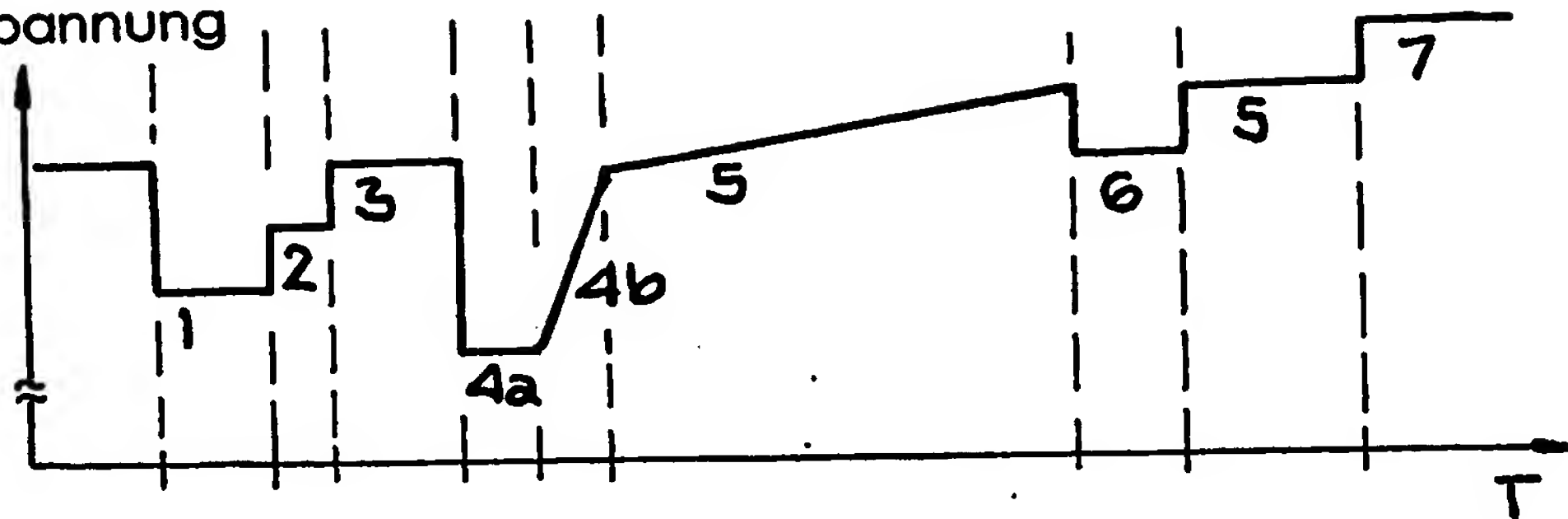
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

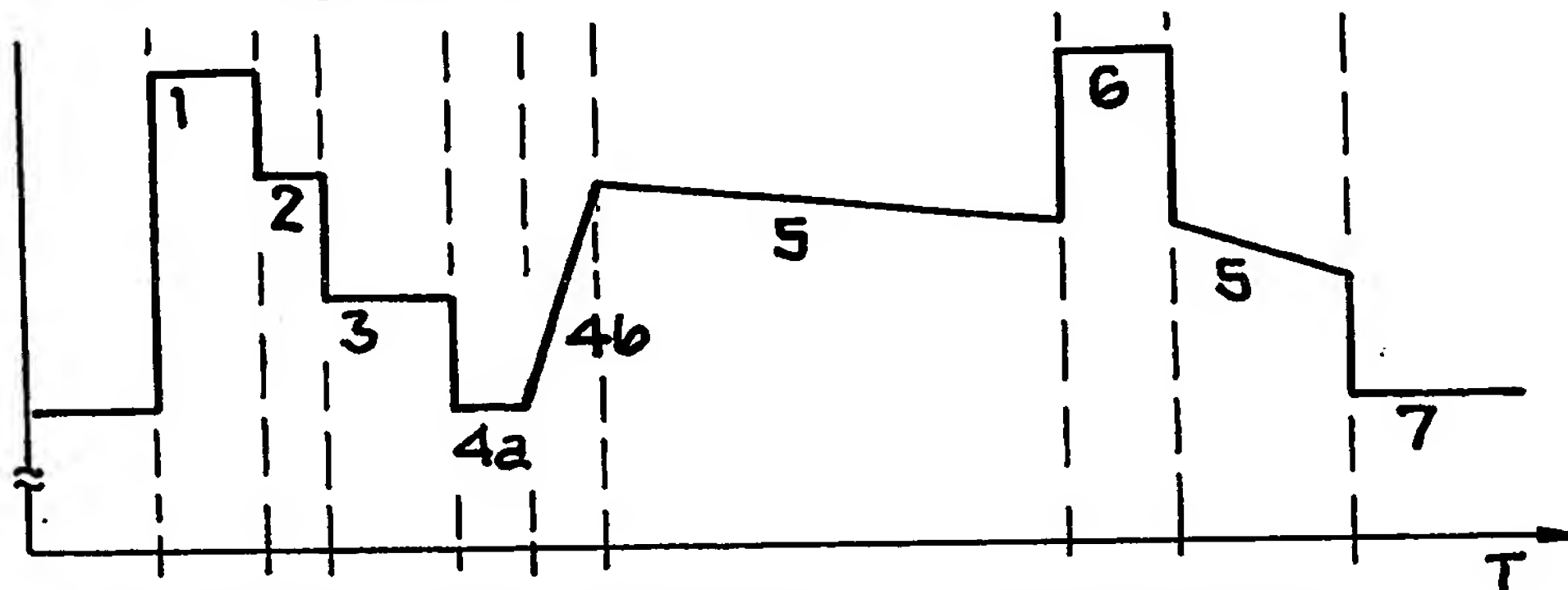
dass das Heizelement zeitgesteuert oder temperaturgesteuert ausgeschaltet wird.

1/2

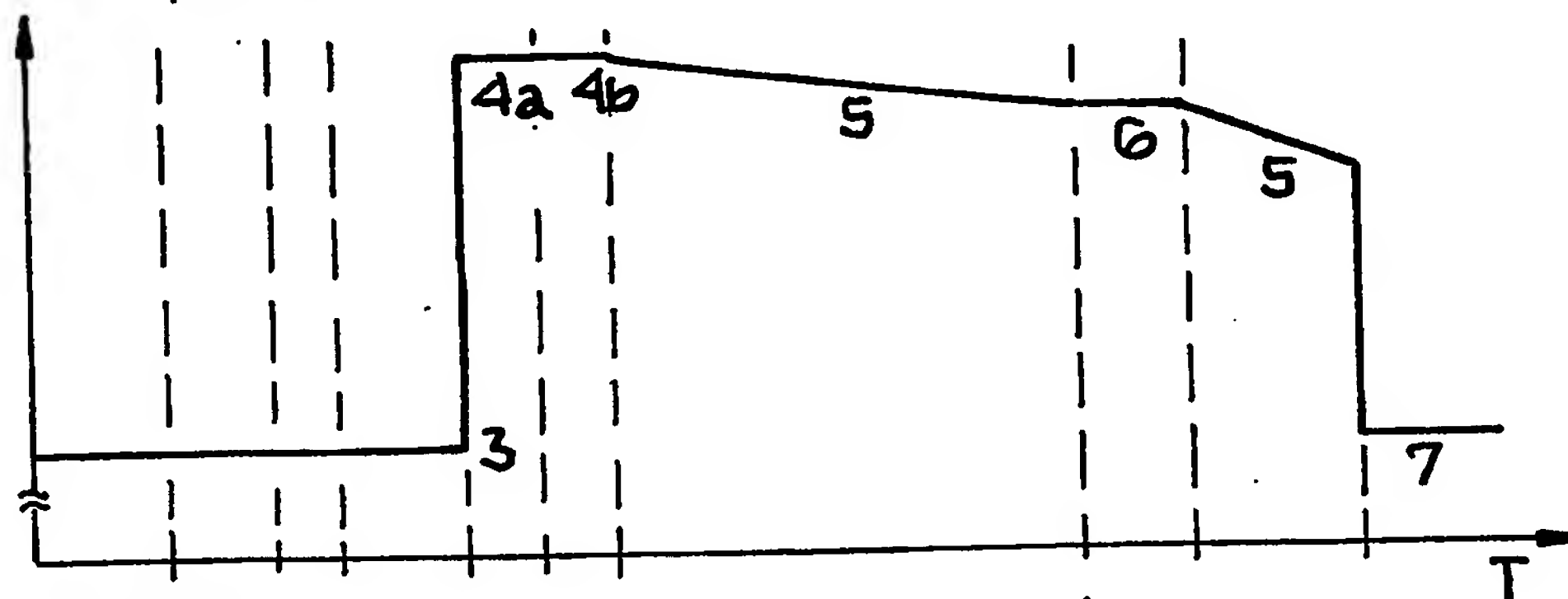
Bordspannung



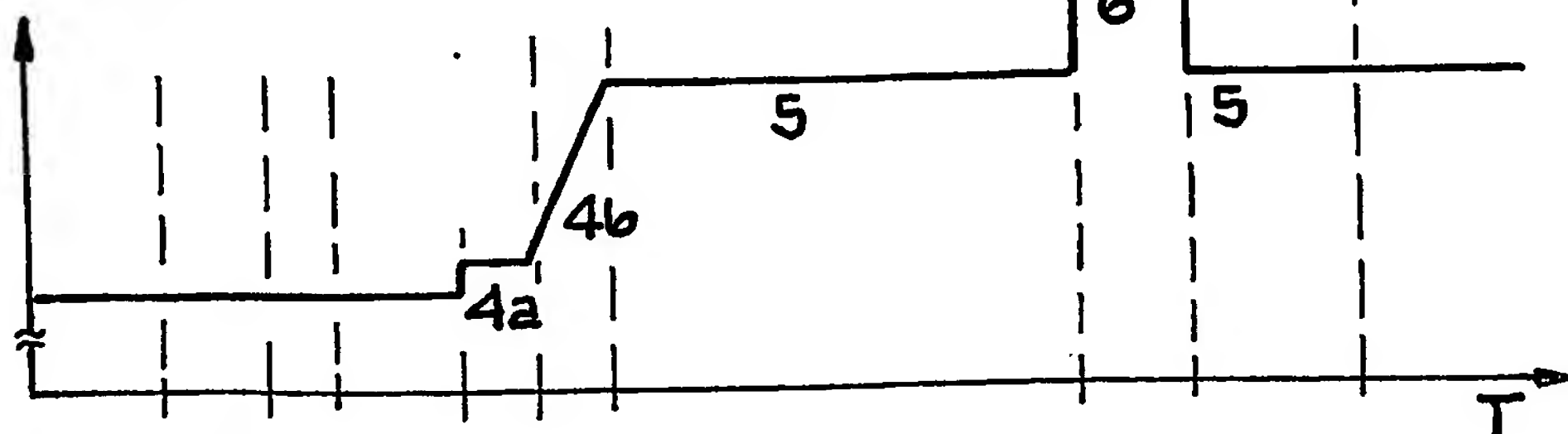
elektrische Leistungsregulierung



Ladelufttemperatur, nach Heizflansch, vor Einlasskanälen



Motordrehzahl



Kontrollleuchte

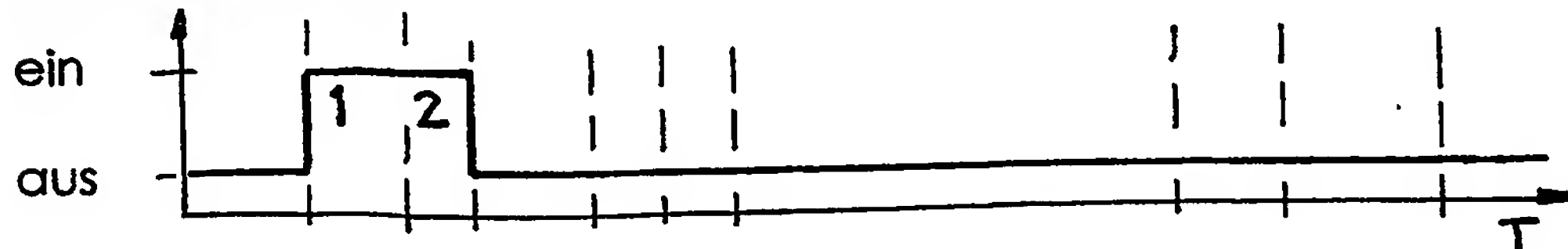
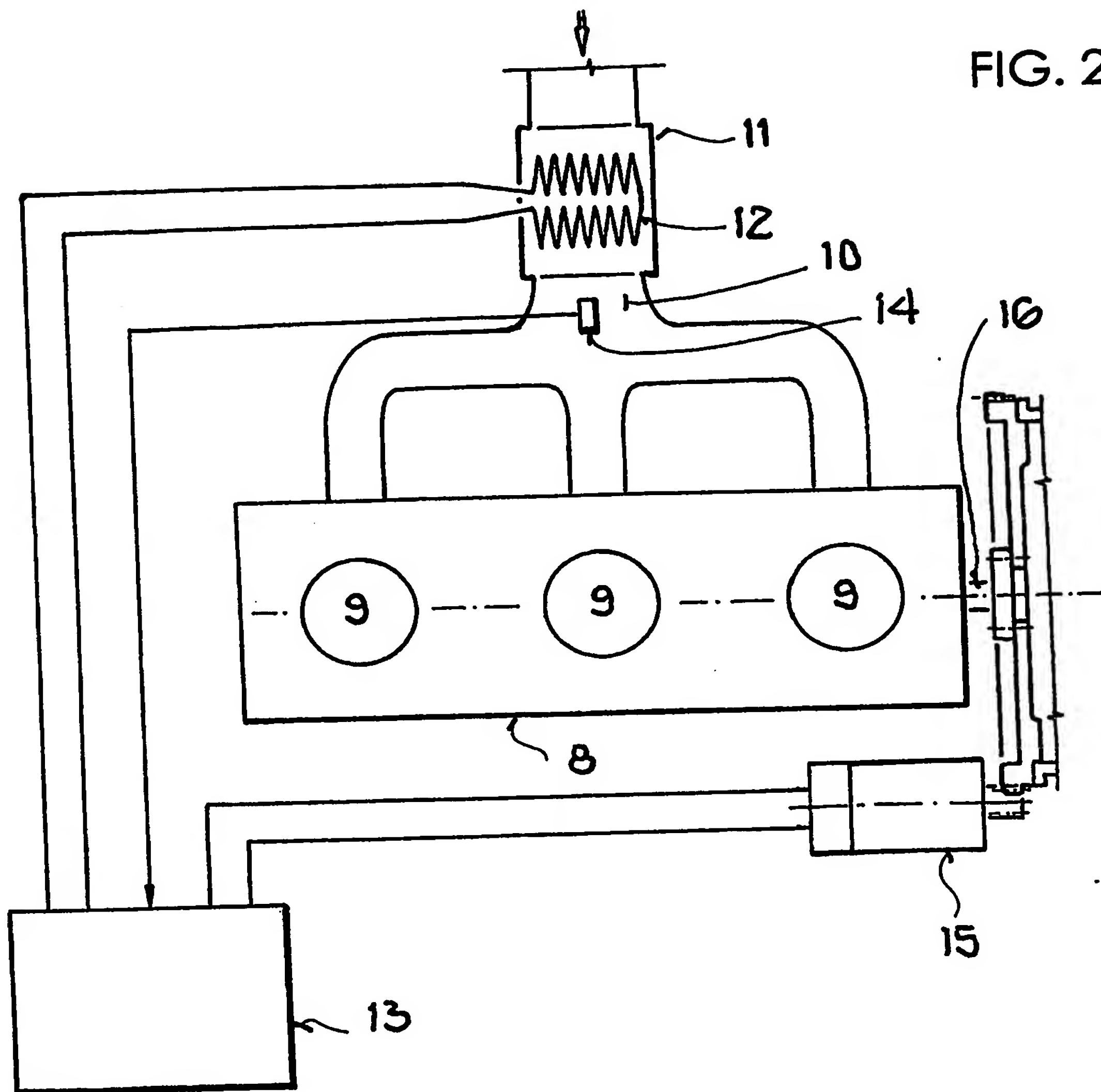


FIG. 1



2/2

FIG. 2



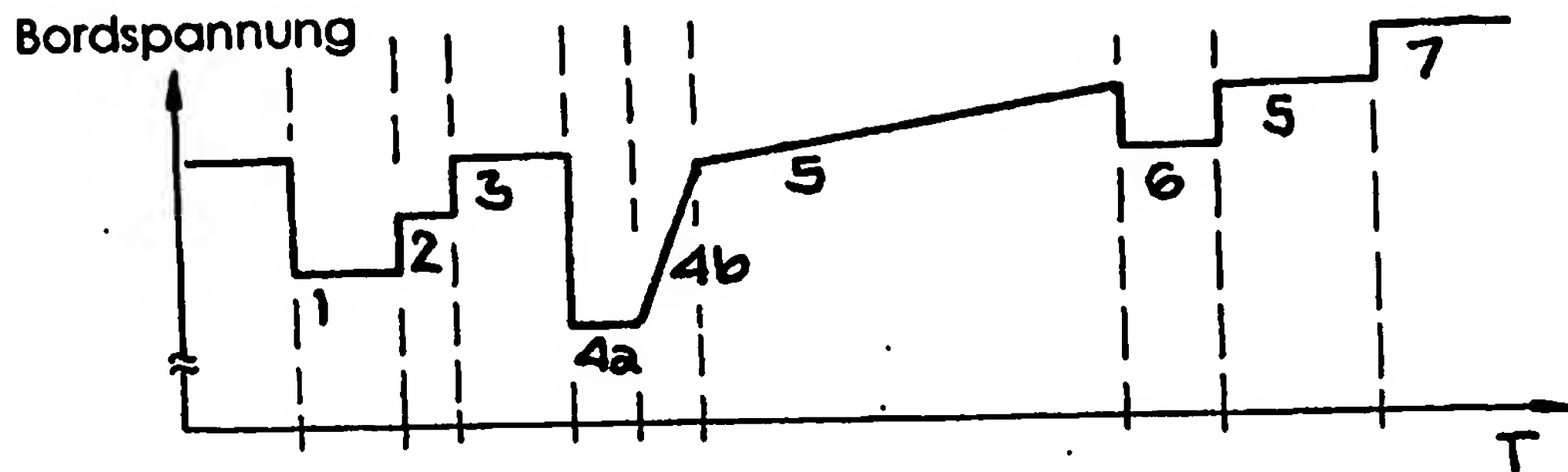
DaimlerChrysler AG

Eschbach

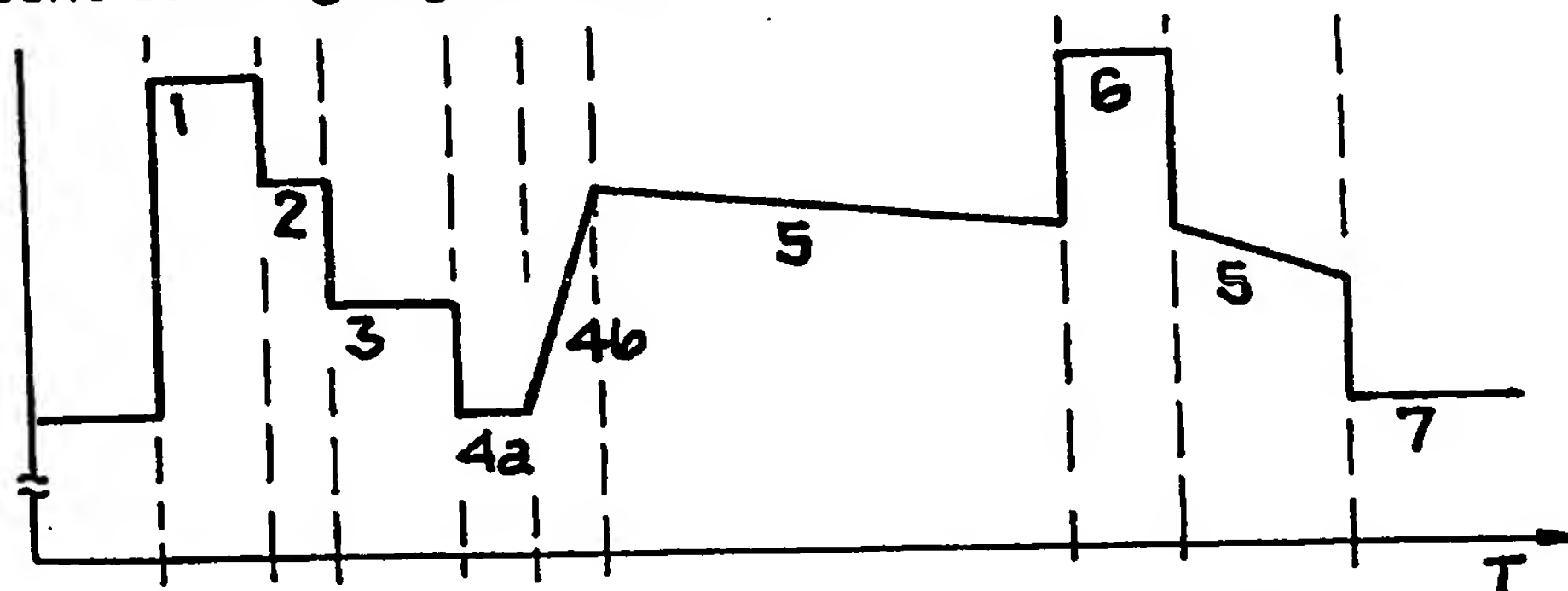
15.07.2003

Zusammenfassung

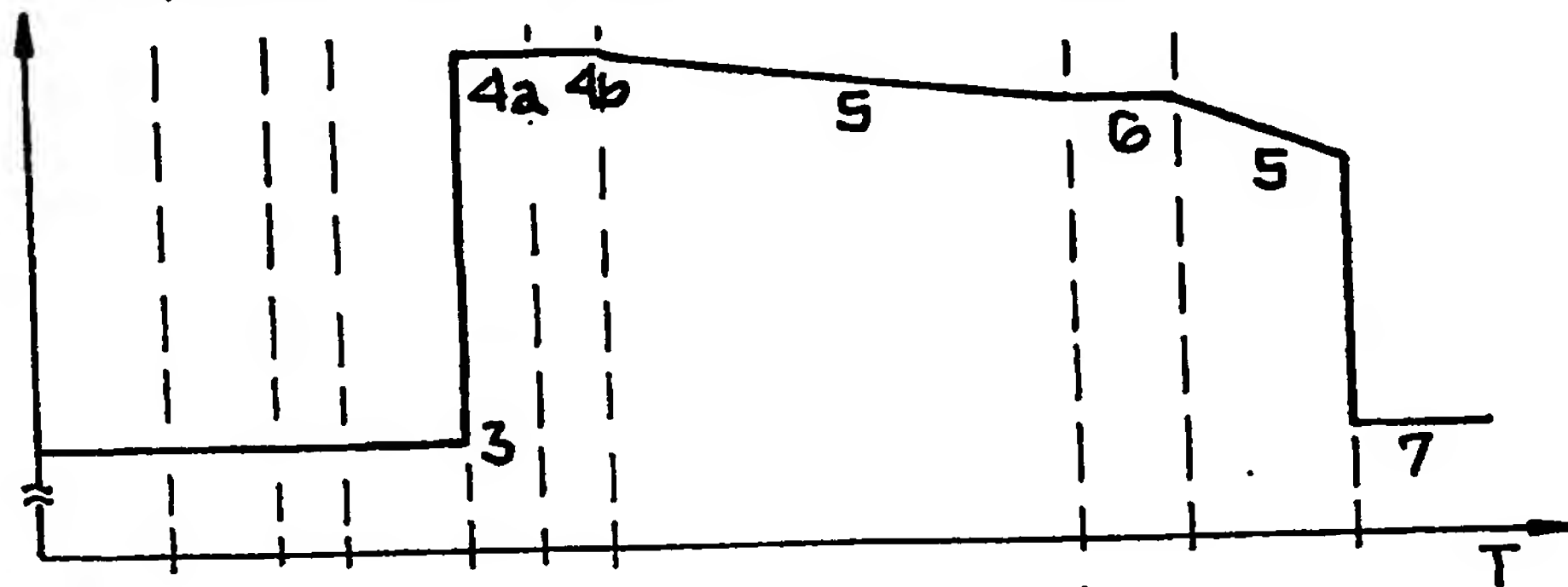
- Verfahren zur Anwärmung der Ansaugluft eines Verbrennungsmotors (8) während der Vorglühphase oder Startphase durch mindestens ein elektrisch beheizbares Heizelement (12) in der Ansaugleitung (10) des Verbrennungsmotors, wobei die Heizleistung von einem Steuergerät (13) der Motorelektronik in Abhängigkeit der Betriebsdaten des Verbrennungsmotors gesteuert wird,
- 5     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,
- 10     - dass während der Vorglühphase (1,2,3) das Heizelement (12) zunächst kurz voll bestromt wird (1), bis das Heizelement seine Solltemperatur erreicht hat und das nach Erreichen der Solltemperatur bis zur Startphase eine Nachheizphase (2,3)
- 15     einsetzt, in der das Heizelement (12) mit geringerer Leistung auf konstanter Temperatur gehalten wird,
- 20     - und dass während der Startphase in einem ersten Zeitabschnitt (4a), das Heizelement (12) ausgeschaltet wird, und dass in einem zweiten Zeitabschnitt (4b), in dem die Drehzahl des Verbrennungsmotors (8) auf die Startdrehzahl angehoben wird, das Heizelement (12) wieder eingeschaltet wird.



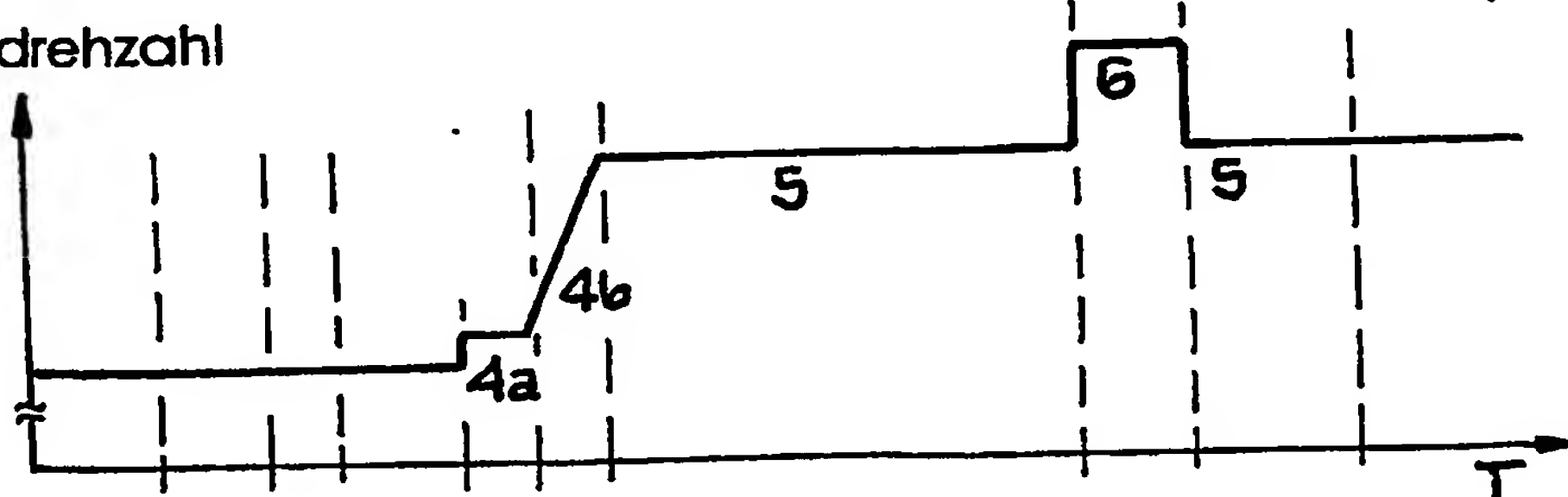
elektrische Leistungsregulierung



Ladelufttemperatur, nach Heizflansch, vor Einlasskanälen



Motordrehzahl



Kontrollleuchte

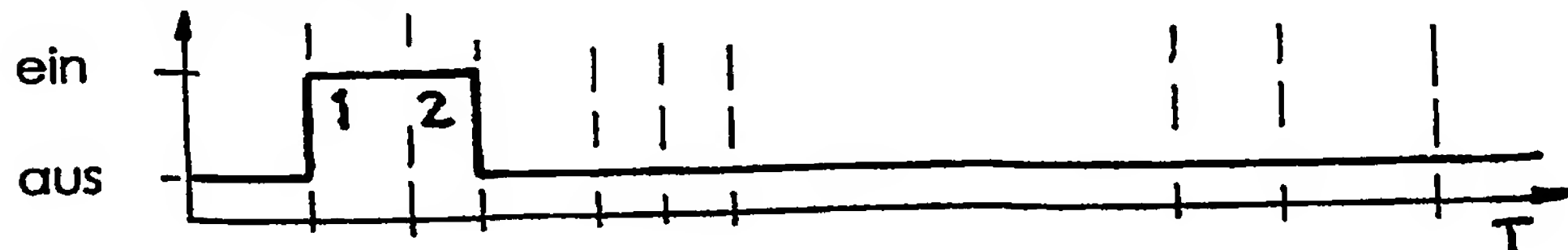


FIG. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**